

## РАСЧЕТ СТАДИИ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА

Т.А. Шафран, Г.Ю. Назарова, В.И. Стебенева

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Н. Ивашкина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, shafrantanya@mail.ru*

Процесс каталитического крекинга реализуется в сопряженной системе «лифт-реактор-регенератор», технологические режимы работы аппаратов тесно взаимосвязаны, поскольку катализатор циркулирует непрерывно между реактором и регенератором.

На промышленных установках каталитического крекинга, активными компонентами катализатора являются цеолиты типа Y и ZSM-5. Обратимая дезактивация катализатора происходит за счет отравления кислотных центров катализатора и во многом определяется структурно-селективными свойствами цеолитов [1].

При этом цеолитсодержащие катализаторы очень чувствительны к содержанию остаточного кокса на катализаторе, который резко снижает активность и селективность катализатора, поэтому в промышленных условиях режим работы регенератора организуют для снижения содержания остаточного кокса на поверхности катализатора (ниже 0,05–0,1 % мас.).

Целью работы является прогнозирование остаточного кокса на регенерированном катализаторе в зависимости от количества кокса, образовавшегося в лифт-реакторе и режима работы регенератора.

Прогнозирование остаточного содержания кокса на поверхности катализатора возможно с применением математической модели процесса и целесообразно, с точки зрения оптимизации

режима работы регенератора, для достижения требуемой температуры и активности катализатора на выходе из регенератора.

Численные исследования процесса каталитического крекинга выполнены с применением математической модели при текущем режиме работы реактора и позволили спрогнозировать содержание кокса на поверхности катализатора в зависимости от состава перерабатываемого сырья, активности катализатора и технологического режима работы реактора.

С применением методики расчета стадии окислительной регенерации, возможно оценить количество кокса окисленного в процессе регенерации при текущем режиме работы регенератора. Расчетная методика основана на результатах анализа состава отходящих газов регенерации (объемной концентрации CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>) и расходе подаваемого воздуха на регенерацию [2]. Результаты расчета по модели и по методике представлены в таблице 1.

Таким образом, численные исследования с применением математической модели показали, что состав перерабатываемого сырья и режим работы реакторно-регенераторного блока каталитического крекинга определяют содержание остаточного кокса на катализаторе крекинга.

В условиях Режим-2 реакторно-регенераторный блок работает в сбалансированном режиме, содержание кокса на катализаторе со-

**Таблица 1.** Показатели процесса каталитического крекинга и результаты расчета по модели и методике

Показатели процесса	Режим-1	Режим-2
Расчеты по модели реактора каталитического крекинга		
Насыщенные углеводороды, % мас.	65,4	61,2
Ароматические углеводороды, % мас.	31,1	35,6
Смоли, % мас.	3,5	3,2
Масса кокса, образующегося в реакторе, т/сут	279,12	262,32
Расчет стадии окислительной регенерации		
Расход воздуха на регенерацию, кг/ч	153988,9	155143,0
Соотношение C/H	0,67	0,58
Масса окисленного кокса, т/сут	276,94	262,14
Содержание остаточного кокса, % мас.	0,060	0,005

ставляет 0,005 % мас. Наряду с этим, при работе реакторно-регенераторного блока в условиях Режим-1 содержание остаточного кокса на катализаторе выше и составляет 0,060 % мас. Увеличение содержания остаточного кокса на катализаторе снижает его активность, что оказывает

значительное влияние на селективности процесса и снижение выхода бензиновой фракции. Для увеличения массы кокса окисленного в регенераторе требуется увеличение расхода воздуха на регенерацию.

### Список литературы

1. Bartholomew C.H. *Mechanisms of catalyst deactivation* // *Appl. Catal. A-gen.*, 2001. – Vol.212(1–2). – P.17–60.
2. Кравцов А.В. *Системный анализ и повышение*

*эффективности нефтеперерабатывающих производств методом математического моделирования: учебное пособие.* – Томск: Издательство ТПУ, 2004. – 170с.

## УЧЁТ ВЛИЯНИЯ ДЕЭМУЛЬГАТОРА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

М.Е. Щетинина, К.В. Золотухина

Научный руководитель – к.т.н., доцент О.Е. Мойзес

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, mariyashetinina95@mail.ru

Развитие нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности напрямую связано с совершенствованием технологии нефтепереработки, разработкой и оптимизацией существующих процессов, обеспечивающих улучшение технико-экономических показателей и качества нефтепродуктов. Основными этапами при промышленной подготовке нефти являются процессы обезвоживания и обессоливания, которые осуществляются в результате разрушения водонефтяной эмульсии, в основном, с использованием термохимических методов [1–3].

Разные нефти обладают различными физико-химическими свойствами и поэтому подбор деэмульгатора для эффективного процесса массообмена и последующего процесса коалесценции капель воды, является актуальной задачей.

В настоящее время необходимым этапом при решении задач анализа, оптимизации и повышения эффективности действующих установок промышленной подготовки нефти (УПН) является математическое моделирование.

Поэтому целью данной работы является модернизация математической модели и программы расчета с учетом концентрации деэмульгатора, и проведение исследований влияния технологических параметров на процесс каплеобразования при промышленной подготовке нефти.

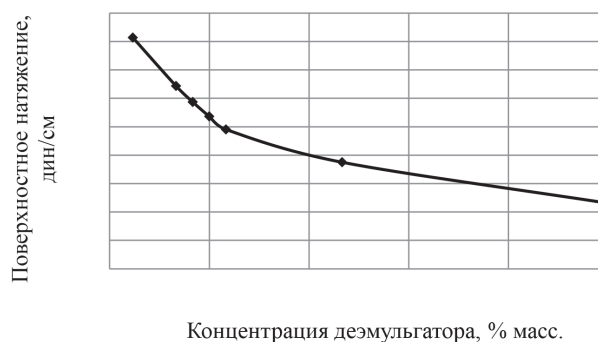
Объект исследования – водонефтяная эмульсия, которая образуется в результате добычи и

транспортировки нефти, а также реагенты-деэмульгаторы, разрушающие водонефтяную эмульсию.

Одним из основных параметров, характеризующих нефтяную эмульсию – это поверхностное натяжение. Теоретических зависимостей поверхностного натяжения от концентрации деэмульгатора практически не существует, поэтому для учета влияния концентрации деэмульгатора на процесс каплеобразования на основании опытных данных были получены теоретические зависимости влияния концентрации химического реагента на поверхностное натяжение и внедрены в математическую модель.

Расчет диаметра капель при движении водонефтяной эмульсии по трубопроводу выполнен по известной методике Тронова В.П. [1].

С применением зависимостей учета влияния химического реагента выполнены исследо-



**Рис. 1.** Зависимость поверхностного натяжения от концентрации деэмульгатора